

Fangst af agerugler (*Agrotis segetum*) og nedbørsmåling som baggrund for knopormevarsling

*Forecasting of cutworm attacks based on trapping of turnip moths (*Agrotis segetum*) and measuring of precipitation*

Peter Esbjerg

Resumé

I integreret bekæmpelse af gulerodsskadedyr indgår varsling af knopormeangreb. Tidligere var en varsling baseret på ageruglefangst i lysfælder. For at opnå en forbedring er der dels udviklet et syntetisk agerugleferomon (1:1:1 blanding af Z5-10 Ac, Z7-12 Ac og Z9-14 Ac) i schweizisk-dansk-fransk-ungarsk samarbejde og dels et særligt fældedesign (fig. 6E, s. 320), hvori feromonet anvendes som lokkemiddel. Herigennem er der opnået en nødvendig standardisering, og fangsten er øget mere end 10 gange i forhold til simple feromonfælder med jomfruelige hunner som lokkemiddel.

Fangstresultaterne benyttes til at vurdere nødvendighed af behandling og i givet fald til at angive det bedste behandlingstidspunkt. En nøjere behovsanalyse er endnu ikke mulig, pga. fangstens påvirkelse af både populationstæthed og flyveaktivitet. Dette problem søges løst ved at udarbejde vejrkorrrektionsfaktorer, således at vejrkorrigerede fangsttal skulle angive en given populations tæthed nogenlunde. Baggrunden for udarbejdelse af sådanne korrrektionsfaktorer er et 3-årigt materiale fra 3 lokaliteter bestående af dels daglige fangsttal og dels vejrrregistreringer med 10-minutters intervaller. Dette materiale må dog udvides med endnu nogle år.

En sammenhæng mellem fangst (korrigeret fangst) og skade har endnu ikke kunnet etableres, fordi der kun forekom ubetydelige skader i 1979-80-81.

Hvad angår udsigten til eventuelle skader, har analyse af historisk materiale imidlertid resulteret i en simpel statistisk model. Især sommernedbør indgår med vægt, hvilket eksperimentelt har kunnet godtgøres ved påvisning af øget dødelighed blandt små knoporme på grund af høj jordfugtighed.

Denne viden udnyttes sammen med fangst i feromonfælder som grundlag for prognose og varsling. Dog mangler endnu et sæt skadetærskler, så man med rimelighed kan udtale sig om den eventuelle udsigt til skader, når situationen er unuanceret – dvs. der hverken er meget stor eller meget lille fangst og heller ikke tørke eller stort nedbørsoverskud. Dette problem forventes gradvis løst med udvidelse af talmaterialet vedrørende fangst-vejrlik-skader.

Nøgleord: *Agrotis segetum*, knoporme, feromonfælder, vejr, varsling.

Summary

Integrated control of insect pests on carrots in Denmark includes forecasting of cutworm attacks. To improve earlier forecasting, based on light trap catches of turnip moths, a sex trap has been developed. The trap design was evaluated experimentally in Denmark. The bait is 1:1:1 mixture of Z5-10 Ac, Z7-12 Ac and Z9-14 Ac which has been developed via Swiss-Danish-French-Hungarian cooperation. With this synthetic pheromone and the new trap design the catch is increased more than tenfold compared to a simple trap baited with virgin females.

The trapping results are used for a rough estimation of the requirement for treatment and to determine the optimal time for treatment if necessary. More accurate estimation is difficult, as the catch is a mixed result of the population density and the activity of the population. To overcome this problem weather correction factors should be established aiming at the possibility of using corrected catch figures as reasonable estimates of population density. The basis for the establishment of such correction factors is a set of data from three Danish sites where traps have been emptied daily, and where a number of climatic parameters has been registered with intervals of 10 minutes. – The tendency in this material (i.e. lower catch due to stronger wind) is clear, but more data are necessary to obtain a proper result.

A relationship between catch (corrected catch) and damage to the crop has not been found, as only very slight to no damage occurred 1979–80–81.

However, a statistical model for forecasting attack-damage risk levels has been developed on the basis of historical records. In particular the amount of precipitation during the summer plays an important role in this model. This is in agreement with experimental results showing that mortality is increased among early stage cutworms if the soil humidity is high.

Modelling and trapping now forms a reasonable background for forecasting. However, a dynamic damage threshold is still lacking in order to estimate the damage risk if the weather is not very rainy or extremely dry. This problem will presumably be solved gradually when more data on weather–catch–damage become available.

Key words: *Agrotis segetum*, cutworms, sex traps, weather, forecasting.

Indledning

Som led i bestræbelserne for at tilvejebringe grundlag for integreret bekæmpelse af de vigtigste gulerodsskadedyr i Danmark er der blevet arbejdet med en metode til vurdering af agerugle/knoporme-populationstætheder. Udtagning af jord- eller planteprøver til estimering af larvetætheder blev tidligt forkastet som en ikke realiserbar metode. – Der kræves for mange prøver, og prøvebehandlingen er for tidskrævende og dermed kostbar.

I stedet blev valgt fangst af flyvende agerugler på trods af det klassiske problem: At fangstresultatet er et kombineret udtryk for populationstæthed og aktivitet (jf. Münster-Swendsen, 1983, s. 365). Som redskab blev feromonfælder principielt foretrukket for de tidligere anvendte

lysfælder (Thygesen, 1971). Begrundelsen er dels praktisk – lysfælderne kræver 220 Volt el-forsyning og sortering af blandet fangst – og dels »biologisk« – attraktionen til kønsferomon er direkte knyttet til formeringen, mens attraktionen mod lys er af mere tilfældig karakter. Desuden er tiltrækningen mod lys af tvivlsom brugsværdi hos agerugler, fordi mange agerugler flyver i retning af fælden, men lander i vegetation 5–10 m fra selve fælden (P. Esbjerg, upublicerede resultater af natobservationer).

Udvikling af fælde og lokkemiddel

I 1976 blev en simpel rørformet feromonfælde med jomfruelige hunner som lokkemiddel udviklet (Bromand m.fl., 1977). Denne fældetype, som ses på fig. 6A, s. 320, blev anvendt i 1977–78–79.

Den var som detektionsredskab en konstruktiv nyudvikling. Fangsten var dog uegnet som grundlag for populationsvurdering, fordi hunnerne varierede stærkt og fangstniveauet var så lavt, at usikkerheden var stor (*Eshbjerg & Zethner, 1980; Münster-Swendsen, 1983*).

Syntetisk feromon

Med henblik på at standardisere attraktionen og om muligt øge den, blev der arbejdet for fremskaffelse af syntetisk feromon. I 1980 forelå et præliminært resultat i form af et 5-komponent-feromon (*Arn et al., 1980*), hvis attraktion var på samme niveau som hunnernes – målt ved fangst. Dette feromon, der i første omgang løste standardiseringsproblemet, bestod af: 1 µg Z5–10 Ac, 2 µg Z7–12 Ac, 100 µg Z9–12 Ac, 100 µg 12 Ac og 10 µg E5–12 Ac.

Yderligere resultater fra Schweiz, Danmark og Frankrig i fællesskab 1980–81 samt publikation af resultater fra Ungarn (*Tóth et al., 1980*) og Japan (*Wakamura, 1980*) førte imidlertid arbejdet i en ny retning. Resultatet af fortsat samarbejde, nu også omfattende Ungarn, blev et attraktionsmæssigt endnu bedre 3-komponent-feromon (30 µg Z5–10 Ac, 30 µg Z7–12 Ac og 30 µg Z9–14 Ac) (*Arn et al., 1983*).

Fældetyper

Parallelt med udviklingen af syntetisk feromon er der foretaget en undersøgelse af fangsteffektivitet som funktion af fældedesign. Formålet var også at udnytte denne vej til at øge fangsten, hvis det viste sig muligt.

Først blev sammenlignet 3 fældetyper (fig. 6 A-C, s. 320) med jomfruelige hunner som lokkemiddel. På trods af hunnernes uensartede attraktion kunne der påvises en betydelig fangstforbedring ved brug af andet design end den oprindelige rørfælde (*Eshbjerg et al., 1982*). Kombination af fangstresultater med observation pegede endvidere på, at væsentlige fældeegenskaber ved fangst af ageruglehanner var: 1) Indflyvningsmulighed fra alle sider, 2) sikkerhed for fastklæbning straks ved landing. Disse erfaringer blev omsat i praksis ved et nyt fældedesign (fig. 6E, s. 320), som i 1981–82 blev sammenlignet med 5 andre

fældetyper under brug af hhv. 5-komponent-feromon (1981) og 3-komponent-feromon (1982). Resultaterne stemte overens med de føromtalte, og den nye fælde og en italiensk (fig. 6F, s. 320), med principielt samme egenskaber (*Eshbjerg et al., under udarbejdelse*), viste sig bedre end de øvrige fælder i testen.

Fangstresultater som grundlag for »tidsstyring« og behovsanalyse

Fangstresultaterne, der opnås for en lokalitet, som monitoreres ved hjælp af feromonfælder, kan umiddelbart bruges til at fastlægge det bedste behandlingstidspunkt rimeligt godt. Således vil der under optimale forhold gå 6–8 dage fra fangstkurven (fig. 8, s. 322) er i maksimum til 1. stadium-larverne er i maksimum. Under »mere normale« forhold går 10–12 dage. Dog går der endnu meget længere tid inden den maksimale forekomst af larver, der er i enten 1. eller 2. stadium. Dette tidspunkt vil være det absolut bedste til behandling, da der vil opnås størst dødelighed. En væsentlig fordel ved agerugleferomonfælderne er, at beslutning om behandling skal træffes efter, at fangstmaksimum er passeret.

Fangstkurvens højde vil også informere om, hvilket antal behandlinger der er behov for: I det store flertal af år ingen, nogle år én, enkelte år to, og kun i ganske få år tre. 1976 var af sidste kategori, idet flyvekurvens top var strakt ud til ca. 1½ måned på meget højt niveau. De her givne antal behandlinger er vurderet ud fra midler med en brugbar effekt i op til 3 døgn efter udbringning.

Behovsanalyse

Mens tidspunkt-fastsættelse er relativt overskuelig, er det vanskeligere at tolke fangstniveauets (antal hanner/fælde/døgn) betydning, ikke mindst hvis der er store udsving, og man har et kortere tidsrum som bedømmelsesgrundlag. Problemet er det allerede nævnte vedrørende kombineret effekt af populationstæthed og aktivitet. For at løse dette problem er der foretaget en indsats på to områder:

- 1) Hanageruglernes aktivitetsperiode i forhold til både syntetiske og naturlige feromonkilder er undersøgt ved natobservationer.

- 2) Daglig fældetømning er foretaget på tre lokaliteter, hvor der samtidig er foretaget registrering af en række vejrparametre hvert 10. minut. (Vindretning, -styrke, lufttemperatur og relativ luftfugtighed i 2 m højde, nedbørsmåling i 1,5 m højde, samt måling af lufttemperatur og relativ luftfugtighed i 0,3 m højde og jordtemperatur i 0,3 m højde og jordtemperatur i henholdsvis 1 og 5 cm dybde). En vejrstation (norsk, Aanderaa) er vist på side 322 (fig. 7).

De betydelige udsving i fangst fra døgn til døgn, jf. fig. 8, s. 322, må overvejende formodes at skyldes aktivitetsændringer. Selve populationsforløbet kan beskrives ved en udjævnet kurve, f.eks. glidende gennemsnit over 5 punkter, fordi øget puppeklækning pga. temperaturstigning yderst sjældent vil forløbe fra døgn til døgn. (På fig. 8 er den udjævnede kurve en normalfordeling, fordi denne tilfældigvis passer fint i dette enkelte tilfælde). En multipel regressionsanalyse for forskellige vejrforhold som mulig årsag til afvigelsen mellem forventet fangst (= værdien på den udjævnede kurve $\pm$ usikkerhed) og den reelle fangst i de enkelte døgn over en række år og lokaliteter vil kunne give nogle faktorer for betydningen. – Eksempelvis peger det foreliggende materiale, som dog ikke er tilstrækkelig stort endnu, på at

der vil blive tale om en »nedbørsfaktor« og en »vindstyrkefaktor«, og flere kan forventes.

Interessen for at kende disse faktorer ligger i muligheden for anvendelse til »fangstkorrektion«. Derved skulle det på længere sigt blive muligt at benytte landområder til at estimere populationsniveauet (= korrigeret fangstniveau). Dette vil sammen med hældningen af populationskurven kunne benyttes som risikomål, idet en ikke for fjernt liggende, konstant monitoreret lokalitet benyttes som reference. Meget højt fangstniveau og stor positiv hældning vil være ensbetydende med stor angrebsrisiko, mens lavt niveau og lille hældning peger på det modsatte.

Populationstæthed – skade

I løbet af det omtalte arbejdsforløb 1979–82 har der ikke været mulighed for at etablere nogen relation mellem fangstniveau og skade, dvs. skadetærskelgrundlag. I 1979 var feromonfælderne endnu for uudviklede og 1980–81 var knopormebestandene i minimum med 200 store knoporme pr. ha i august–september mod op til 2 mio. pr. ha under 1976-maksimet. I 1981 forekom enkelte mindre arealer med 1% svagt skadede rødbeder og gulerødder. Først i 1982 skete en vejrforårsaget bestandstigning i forhold til 1980–81, og enkelte bestande overskred den økonomiske ska-

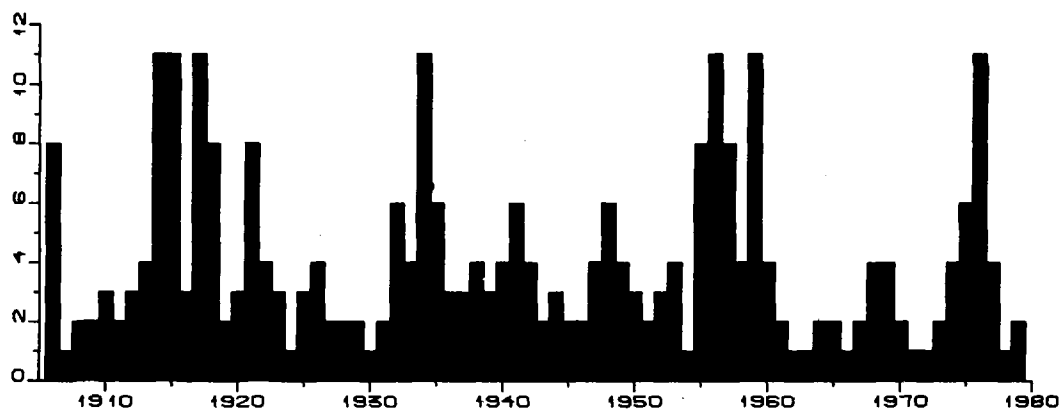


Fig. 1. Knopormeangrebenes styrke (index 0–12) fra 1906–76 estimeret af Stapel (1977) og 1977–79 estimeret af Mikkelsen og Esbjerg (1981).

Cutworm attack levels (index 0–12) estimated by Stapel (1977) from 1906–76 and 1977–79 estimated by Mikkelsen and Esbjerg (1981).

detærskel. Det var f.eks. tilfældet på Samsø. Her forekom på let jord, hvor der ikke var sprøjtet, ca. 5% skadede rødbeder. Det medførte kassation til konserverbrug og dermed et betydeligt tab. Nærliggende marker, der var behandlet i begyndelsen af juli, var uskadte.

Vejrligets indflydelse på *Agrotis segetum*

Med henblik på at skabe grundlag for en overordnet (regional – landsdækkende) prognose angående mulighederne for knopormeangreb er en

tidligere undersøgelse af vejrligets indflydelse på angreb (Zethner & Esbjerg, 1978) blevet videreført ved en yderligere bearbejdelse af det samme materiale – fig. 1. Der blev udført trinvis lineær regressionsanalyse af angrebsstyrkevariationen i forhold til en række månedlige middelværdier for frostdøgn, middeltemperatur, nedbørsmængde og nedbørsdøgn. Analysen viste en række korrelationer, der blev anvendt til opstilling af en model (Mikkelsen & Esbjerg, 1981). Modellen, der kan forklare 64% af den på fig. 1 viste angrebsvariation, har følgende matematiske formel:

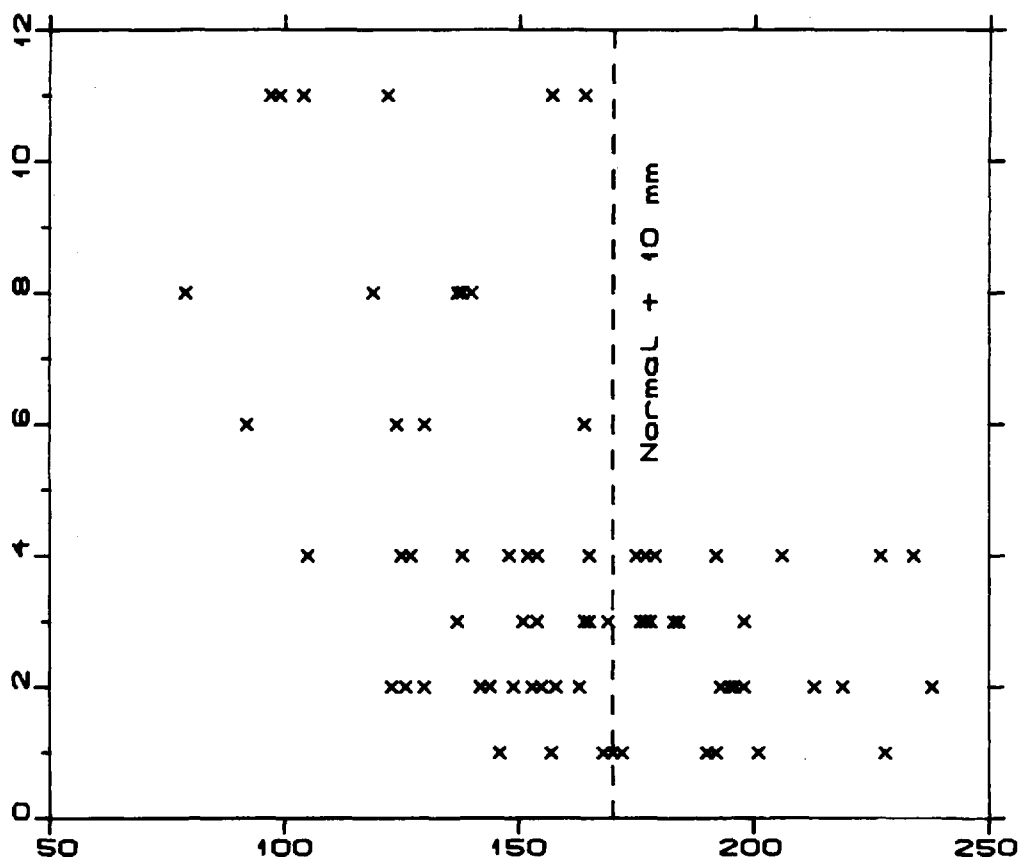


Fig. 2. Sammenhængen mellem totalnedbøren i maj, juni og juli (vandret akse) og knopormeangrebenes styrke (lodret akse) jf. Stapel (1977). Normalnedbøren (gennemsnit 1931–60) er 160 mm. Den stiplede linie angiver denne mængde + 10 mm for at understrege effekten af disse måneders nedbør (modificeret efter Zethner & Esbjerg, 1978). The relationship between the amounts of precipitation in May + June + Juli (along the abscissa) and the cutworm attack levels (ordinate) as estimated by Stapel (1977). The normal amount (= mean of 30 years: 1931–1960) for May + June + July is 160 millimeters. The dotted line showing this amount + 10 millimeters has been drawn to underline the effect of precipitation surplus. (Modified after Zethner & Esbjerg, 1978).

Forudberegnet knopormeangrebsindeks¹⁾ =
 $8,61 + 0,35 \times \text{sidste års angrebsindeks}$
 $- 0,01 \times \text{sidste års novembernedbør (i mm)}$
 $+ 0,42 \times \text{julis middeltemperatur}$
 $- 0,02 \times \text{februar-marts-aprils nedbørssum (i mm)}$
 $- 0,04 \times \text{majs nedbør (i mm)}$
 $- 0,31 \times \text{junis antal nedbørsdage}$
 $- 0,24 \times \text{julis antal nedbørsdage}$
 $- 0,06 \times \text{augusts antal nedbørsdage}$

Denne formel afspejler i høj grad betydningen af nedbørsforholdene i maj, juni og juli. Af særlig betydning for praksis var konklusionen, at et betydeligt nedbørsoverskud for disse tre måneder giver en særdeles god forsikring mod væsentlige angreb – jf. fig. 2. Der er sandsynligvis to hovedårsager hertil: 1) At kraftig regn nedsætter ageruglernes flyvemuligheder, og 2) at våd jord øger dødeligheden blandt knopormene – især i de tidlige larvestadier.

Den øgede dødelighed blandt små knoporme ved høj jordfugtighed har kunnet eftervises meget klart i en forsøgssopstilling, som vist på fig. 21 B, s. 340. (Esbjerg *et al.*, under udarbejdelse).

Prognose – varslings

Med udgangspunkt i sidste års fangst samt registrerede vejrforhold kan den omtalte model anvendes til tidlig generel prognose – f.eks. midt i maj, lige før flyvningen normalt sætter i gang. Der benyttes simulerede værdier for vejrparametre i de foranliggende måneder (juni, juli, august). Eksempelvis vil dette sige, at der i områder med højt angrebsindeks året før, lav novembernedbør året før, og også ringe nedbørsmængde fra februar til og med første halvdel af maj (i prognoseåret) må tilskyndes til brug af feromonfælder. Bliver det udjævnede fangstniveau højt, og er det stadig ret tørt (nedbør væsentlig under normalen) ca. 20. juni, må det føre til en varslings, der tilråder behandling. Er der omvendt sket en ændring, så der f.eks. allerede i sidste halvdel af maj og juni er faldet 140 mm nedbør, kan behandling frarådes

ved negativ-varslings. Negativ varslings kan især bruges, hvis der falder store nedbørsmængder i sidste halvdel af juni, og der er udsigt til fortsættelse i juli. Under mindre ekstreme forhold må varslings i højere grad støtte sig til fangstkurven og evt. simulering ved indsættelse af forskellige antal juli- og august-nedbørsdage.

Det, som endnu mangler, er et sæt skadetærskelværdier. De skulle gerne kunne udledes af et større sæt tal vedr. fangst – vejrlig – skader, som kan opnås ved at udbygge de forhåndenværende resultater med endnu nogle års registreringer.

Litteratur

- Arn, H., Städler, E., Rauscher, S., Buser, H. R., Mustaparta, H., Esbjerg, P., Philipsen, H., Zethner, O., Struble, D. & Bues, R. (1980): Multicomponent sex pheromone in *Agrotis segetum*: Preliminary analysis and field evaluation. Z. Naturforsch. 35 c, 986–989.
- Arn, H., Esbjerg, P., Bues, R., Tóth, M., Scöcs, G., Guerin, P. & Rauscher, S. (1983): Field attraction of *Agrotis segetum* males in four European countries to mixtures containing three homologues acetates. J. Chem. Ecol. 9, 267–275.
- Bromand, B., Esbjerg, P., Philipsen, H. & Zethner, O. (1977): Knoporme – feromoner. Ugeskr. f. Agron., Hort., Forst. og Lic. 122, 374–376.
- Esbjerg, P. & Zethner, O. (1980): Knopormevarslings baseret på registrering af vejrlig og fangst af agerugler (*Agrotis segetum*) i feromonfælder. Nordisk Planteværnkonferanse 5–7 Mars 1980, Noresund, Norge, 153–160.
- Esbjerg, P., Nielsen, J. K. & Zethner, O. (1981): Influence of trap design on catch of turnip moth (*Agrotis segetum*, Lep., Noctuidae) males in sex traps baited with virgin females. Les Mediateurs Chimique, Versailles, 16.–20. Nov. 1981. Ed. INRA Publ., 1982 (Les Colloques de l'INRA, 7).
- Mikkelsen, S. A. & Esbjerg, P. (1981): The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. Tidsskr. Planteavl 85, 291–301.
- Münster-Swendsen, M. (1983): Prøvetagning af skadedyr – planlægning og bedømmelse i forbindelse med integreret bekæmpelse. Tidsskr. Planteavl 87, 365–369.
- Stapel, Chr. (1977): Den økonomiske betydning af plantesygdommenes og skadedyrenes bekæmpelse i landbruget. Ugeskr. f. Agron., Hort., Forst. og Lic. 122, 735–746.

¹⁾ I en skala på 1–12 i overensstemmelse med diagrammet, fig. 1.

- Thygesen, Th.* (1971): Om korrelationen imellem knop-or-meangreb, lysfældefangster og vejrforhold. Tidsskr. Planteavl 75, 807–815.
- Tóth, M., Jakab, J. & Novák, L.* (1980): Identification of two components from the sex pheromone system of the white-line dart moth, *Scotia segetum* (Schiff.) (Lep., Noctuidae). Z. ang. Ent. 90, 505–510.
- Wakamura, S.* (1980): Sex attractant pheromone of the common cutworm moth *Agrotis fucosa* Butler: Field evaluation. Appl. Ent. Zool. 15, 167–174.
- Zethner, O. & Esbjerg, P.* (1978): Cutworm attack in relation to rainfall and temperature during 70 years. Proc. Nordic Symp. on climatic changes and related problems. Danish Meteorological Inst., Climatological Papers 4, 103–108.

Manuskript modtaget den 14. juni 1983.